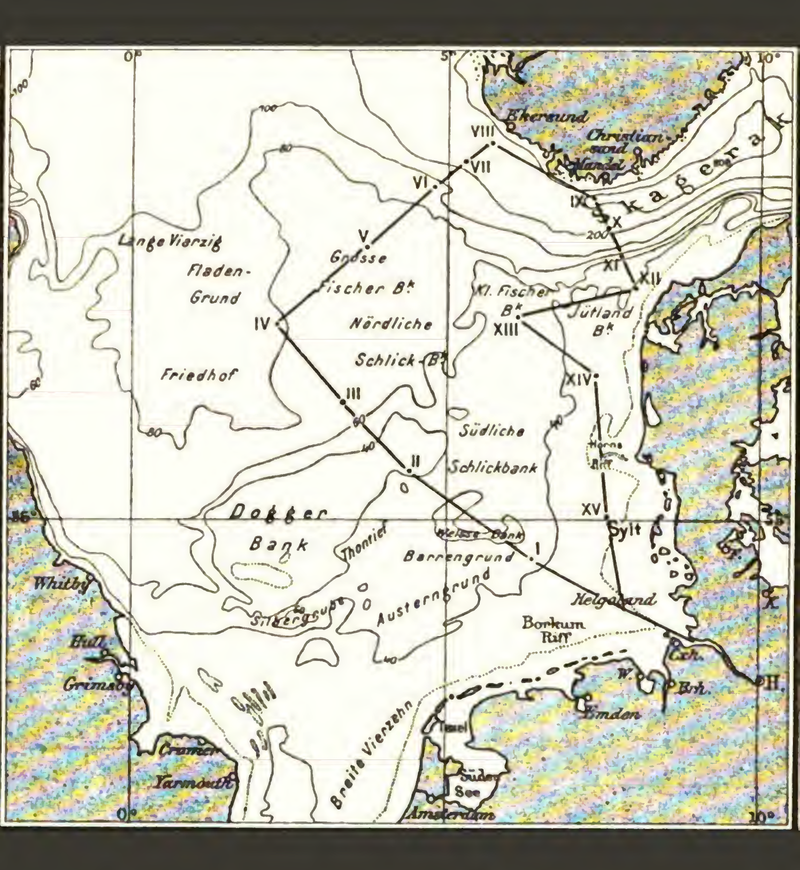


Die deutschen Meere im Rahmen der internationalen ...

Otto Krümmel



VERÖFFENTLICHUNGEN
DES
INSTITUTS FÜR MEERESKUNDE
UND DES
GEOGRAPHISCHEN INSTITUTS
AN DER UNIVERSITÄT BERLIN
HERAUSGEGEBEN VON DEREN DIREKTOR FERDINAND FRHR. v. RICHTHOFEN



Heft 6 August 1904

Die Deutschen Meere im Rahmen der internationalen Meeresforschung

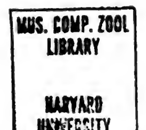
Öffentlicher Vortrag, gehalten im Institut für Meereskunde
am 5. und 6. März 1903

von

Dr. Otto Krümmel
Professor der Geographie an der Universität Kiel

Mit drei Tafeln in Steindruck und zwölf Abbildungen im Text

KÖNIGLICHE HOFBUCHHANDLUNG
ERNST SIEGFRIED MITTLER UND SOHN
BERLIN SW12, KOCHSTRASZE 68—71


MUS. COMP. ZOOL
LIBRARY
HARVARD
UNIVERSITY

Inhaltsübersicht.



Die internationale Erforschung der nordeuropäischen Meere.

Wenn in den letzten Jahrzehnten das Interesse weitester Kreise auf oceanische Forschungen gelenkt wurde, so handelte es sich gewöhnlich um die Tiefsee, die in ihrem dunklen Schofse eine unerschöpfliche Fülle von Rätseln birgt und darum den Forschungstrieb der Menschheit dauernd anlocken wird.

Wir haben vor wenigen Jahren ein nationales Unternehmen, die deutsche Tiefsee-Expedition unter Leitung von Professor Karl Chun, erfolgreich wiederkehren sehen, und unsre deutsche Südpolarexpedition an Bord des »Gaufs« hat, wie wir den dankenswerten ausführlichen Berichten ihres Führers E. v. Drygalski entnehmen, gerade die oceanographische Erforschung der weiten, noch unbekannten Meere jener hohen südlichen Breiten um einen tüchtigen Schritt vorwärts gebracht.

Neben diesen grofsen nationalen Taten, die einem hohen, durchaus idealen Ziel zustrebten, hat sich zur Zeit aber, und anscheinend in weiteren Kreisen weniger beachtet, ein grofsartig angelegtes internationales Unternehmen ins Werk gesetzt, das nicht die fernsten oder tiefsten Regionen der Wasserwelt zum Ziel hat, sondern gerade unsere heimischen Meere, die Europa nach Norden hin umspülen. Das Endziel ist hier nicht sowohl ein rein wissenschaftliches, als vielmehr auch ein praktisches, wirtschaftliches; denn es betrifft die Zukunft der Hochseefischereien und die Sicherung ihrer weiteren Ertragsfähigkeit. Aber dies Ziel kann nur erreicht werden mit Hilfe der Wissenschaften der Oceanographie und Biologie, diese sollen die Grundlagen schaffen, auf denen dann die zu erwartenden

gesetzlichen oder polizeilichen Mafsregeln erwachsen und durch internationale Staatsverträge gesichert werden können. Diese nunmehr eingeleitete internationale Erforschung der nordeuropäischen Meere wird mit einer musterhaften Gründlichkeit, Vielseitigkeit und Schärfe der Methoden betrieben und mit einem bis dahin unerhörten Aufwand von Mitteln (es handelt sich um jährlich rund 1 Million Mark), so dafs sie in jeder Hinsicht zu einem Wendepunkt der wissenschaftlichen Meeresforschung überhaupt geführt hat: augenblicklich steht unzweifelhaft die Erforschung der nordeuropäischen Meere geradezu im Vordergrunde der oceanographischen Interessen.

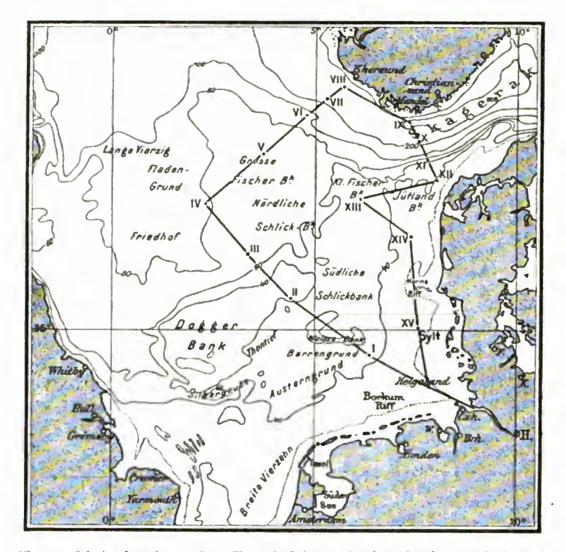
Zwei Ausgangspunkte sind zu nennen, von denen die Anregung zu dieser grofsen internationalen Organisation gekommen ist: der eine liegt in Schweden, der zweite im Deutschen Reich.

Bekanntlich hat die Ergiebigkeit des Heringsfangs an den nordeuropäischen Küsten mit grofsen unperiodischen Schwankungen zu rechnen. Man weifs, dafs die Heringsfischerei am Ostende des Skageraks, in den Schären und Fjorden der bohuslänschen Küste, vor hundert Jahren in höchster Blüte stand, dafs dann 1807 bis 1867 der Fisch ganz wegblieb, seitdem sich wieder langsam einfand und dann nach 1883 zehn Jahre lang oft in ungeheuren Massen gefangen wurde. Aber schon 1895 liefsen die Erträge nach, und seit 1896/97 schlugen diese Winterfischereien ganz oder fast ganz fehl. Gleichzeitig war der sonst regelmäfsig in den südlicheren Fjorden Norwegens auftretende Winterhering auch dort weggeblieben. Man mufste sich fragen, welches die Ursachen für solche wirtschaftlich tief eingreifenden Änderungen wären. Als nun schwedische Forscher unter der Führung von Otto Pettersson und Gustav Ekman das östliche Skagerak in den vier verschiedenen Jahreszeiten untersuchten, fanden sie, dafs anscheinend der Hering an eine Wasserschicht mit bestimmtem Salzgehalt und charakteristischen mikroskopischen Lebewesen gebunden scheine, dafs man aber die Schwankungen in der Lagerung dieser Schichten nicht genügend verfolgen konnte, wenn man nicht weitere Gebiete der Nordsee und die Ausgänge der Ostsee ebenfalls gleichzeitig untersuchte. So kam man zu den ersten, privatim vereinbarten Versuchen einer Zusammenarbeit von schwedischer, dänischer und auch deutscher Seite; denn ich konnte mich selbst in den Jahren 1893 und 1894 hieran beteiligen, indem ich auf dem Kaiserlichen Transportdampfer »Pelikan«, dem jetzigen Minenschulschiff, fünf Fahrten ungefähr zu gleicher Zeit, wie die skandinavischen Kollegen, in der westlichen Ostsee ausführte. Aber es war eine breitere Basis nötig, die sich in das Golfstromgebiet hinaus bis Island und ins russische Eismeer erstreckte. So versandte

dann im Jahre 1898 auf Betreiben Otto Petterssons und der Akademie der Wissenschaften in Stockholm die Königlich schwedische Regierung an die anderen nordeuropäischen Uferstaaten eine Einladung zu gemeinsamer Beratung dieser Fragen in einer Konferenz von Fachmännern in Stockholm.

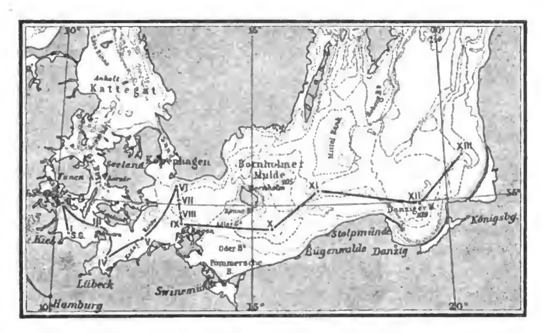
Gleichzeitig hiermit war seit 1895 durch den Vorsitzenden des Deutschen Seefischereivereins, Herrn Präsidenten Dr. Herwig in Hannover, auf die drohende Gefahr einer durch allzu rücksichtslosen Raubbau heraufbeschworenen Ausrottung der wichtigsten Speisefische in der Nordsee hingewiesen worden. Bei näherer Untersuchung hatte sich gezeigt, dafs weder die Entwicklungs- und Lebensweise dieser Fische, noch die wirklich gefangenen Mengen bekannt waren, so dafs ein Urteil über die Frage der sogenannten Überfischung sich nur von einer gründlichen oceanographischen, biologischen und statistischen Untersuchung erwarten liefs. Da aber diese Aufgabe für einen einzelnen Staat unlösbar war (man denke namentlich an die Fangstatistik), so blieb eine internationale Vereinbarung als einziger Weg übrig. Der Deutsche Seefischereiverein hatte gerade Vorverhandlungen in dieser Richtung eingeleitet, als der schwedische Antrag eintraf.

So kam es denn zu der ersten internationalen Konferenz in Stockholm, Ende Juni 1899. Es gelang, für die rein oceanographischen Aufgaben ein ausgezeichnetes Programm zu finden; aber die zahlreichen biologischen Fragen konnten damals nur unzureichend erledigt werden. Eine zweite Konferenz in Christiania im Mai 1901 war auch in dieser Beziehung erfolgreicher, und so konnte sich endlich im Juni 1902 der diese internationalen Arbeiten leitende Zentralausschufs in Kopenhagen konstituieren. Im August 1902 begannen fast überall die Untersuchungen und fanden programmäfsig im November, Februar und Mai ihre Fortsetzung. Von deutscher Seite war schon im Mai 1902 eine Fahrt in die Nordsee ausgeführt worden, auf welcher der für diese Zwecke aus Reichsmitteln neu erbaute Forschungsdampfer »Poseidon« und der auf ihm eingeschiffte Gelehrtenstab seine Probe ablegen konnte. Viermal im Jahr, im Februar, Mai, August und November, werden fortan die gesamte Ostsee und Nordsee einschliefslich des Kanals, die schottischen, isländischen und norwegischen Gewässer, die Murmansee bis nach Nowaja Semlja hin, gleichzeitig auf jedesmal denselben Linien und denselben Stationen nach gleichem Programm untersucht. Es sind dann jedesmal ein Dutzend Dampfer und mehr als 50 Gelehrte auf dem weiten Gebiete tätig. In der Zwischenzeit finden die Fischereiversuchsfahrten statt. Die Untersuchungslinien der deutschen Terminfahrten in der Nord- und Ostsee sind auf den beigegebenen Karten-



Figur 1. Linie der deutschen Terminfahrten in der Nordsee. Die Stationen sind mit römischen Ziffern bezeichnet.

skizzen (Figur 1 und 2) eingetragen. Wie man sieht, haben wir in der Nordsee 15, in der Ostsee 13 Stationen zu besuchen, was bei normaler Witterung zweimal neun Tage umfafst. Ausgangs- und Endpunkt ist jedesmal Kiel. Die Ergebnisse der deutschen Terminfahrten werden in unserem Laboratorium in Kiel ausgearbeitet und der Zentralstelle in Kopenhagen mitgeteilt. Dort werden alle einlaufenden Berichte geordnet und veröffentlicht; das erste »Bulletin« für August 1902 ist im Februar 1903 ausgegeben. Der Vorsitzende des Zentralbureaus in Kopenhagen ist der vorher erwähnte Präsident Dr. Herwig, der auch zugleich der Vorsitzende der deutschen wissenschaftlichen Kommission ist. Diese Zusammenarbeit ist zunächst auf die Dauer von fünf Jahren vereinbart; einige der beteiligten Staaten haben sich aus budget-



Figur 2. Linie der deutschen Terminfahrten in der Ostsee. Die Stationen sind mit römischen Ziffern bezeichnet.

rechtlichen Gründen zunächst nur auf drei Jahre gebunden. Es wird jedoch allgemein gewünscht, daſs auch über den fünfjährigen Zeitraum hinaus die ganze Organisation Bestand behalten möge.



Die Nordsee.

Werfen wir nunmehr einen Blick auf den Schauplatz dieser bedeutsamen internationalen Unternehmung.

Vom morphologischen Standpunkt aus haben wir es zu tun mit sehr flachen Meeren, die nur eine seichte Überschwemmung des Kontinentalsockels vorstellen: die Nordsee ein sogenanntes Randmeer, die Ostsee eines der kleineren, interkontinentalen Mittelmeere; beides sogenannte Schelfmeere, zu deren Hauptmerkmalen gehört, dafs in ihrem Bereich die vom Land kommenden Gewässer mit dem oceanischen Salzwasser zusammentreffen und sich unter dem mafsgebenden Einflufs der Luft- und Meeresströmungen miteinander vermischen.

Morphologisches.

Die Nordsee ist vom Ocean her durch vier verschieden breite Pforten zugänglich: die Strafse von Dover im Südwesten, die Pentlandstrafse und das breite Tor von Fair I. zwischen den Orkney- und Shetlandinseln im Nordwesten, und endlich die breiteste und tiefste Öffnung zwischen den Shetlandinseln und der norwegischen Küste bei Statland im Norden.

Der Zugang vom Kanal her ist trotz seiner geringen Breite von 33 km doch sehr wichtig; durch ihn findet sogar tropisch atlantisches Wasser den Weg in die Nordsee, wie die Flaschenposten des Fürsten von Monaco und andere Triften, z. B. von Sargassozweigen, erwiesen haben. Am wichtigsten aber bleiben natürlich die breiten nördlichen Zugänge, die sich zum europäischen Nordmeer öffnen. Hieraus geht hervor, dafs die Nordsee als der engste Nachbar des europäischen Nordmeers, d. h. also des arktischen Mittelmeers, zu betrachten ist. Dieser Zusammenhang wird noch deutlicher, wenn wir die Tiefenverhältnisse berücksichtigen: hierbei zeigt sich, dafs die Schelfplatte der britischen Inseln nach Norden geneigt ist und im Osten durch ein

breites Tal von 300 und mehr Meter Tiefe von Norwegen getrennt wird; dieses Tal, die norwegische Rinne, führt unmittelbar in das 2000 bis 3000 m tiefe Nordmeerbecken hinüber.

Bodenrelief.

Die übrige Nordsee ist durch die flache Doggerbank in zwei Teile geschieden: der nördliche von 40 m Tiefe erst rasch, dann allmählich zu 80 und 100 m Tiefe abfallend und schliefslich gegen die über 1000 m tiefe Faröer Rinne in steilerer Böschung abgesetzt. Als eine mäfsige Anschwellung liegt hier die Grofse Fischerbank mit Tiefen zwischen 60 und 70 m in der Mitte der Fläche. Nach der britischen Seite hin ist eine über 80 m tiefe, südlich bis fast auf die Höhe von Newcastle vordringende Mulde gelegen, die unsre Fischer den Fladengrund, englische *Cemetery* oder den Friedhof nennen (vgl. Tafel 1).

Die Doggerbank, so grofs wie Schleswig-Holstein, von gestreckt ovalem Umrifs innerhalb der 40 m-Linie, ist in ihrem breitesten Südwestteile nur 15 m tief.

Südwärts ihr unmittelbar vorgelagert ist die sogenannte Silberkule (*Silverpit* der englischen Fischer), eine Furche von 60 bis 70 m Tiefe, wohin sich, wenn im Herbst das Wasser auf der Bank abkühlt, die Scholle und Seezunge zurückzieht und dann mit Grundnetzen in Massen herausgeholt wird.

Überhaupt ist der Boden der südlichen Nordsee merkwürdig durch sein wechselvolles Relief. Im ganzen sind die Tiefen nirgends gröfser als 45 m, auf sehr weiten Strecken sogar nicht über 35 m, so dafs wirklich die meisten unserer Kirchen, hierher versetzt, mit ihren Turmspitzen aus dem Wasser herausragen würden und, wie die Erfahrung gezeigt hat, hier gesunkene Seeschiffe mit den Stengen ihrer Masten über den Wellen bleiben und damit den Schiffbrüchigen eine letzte Zuflucht gewähren.

Stellenweise haben wir ausgedehnte ganz ebene Flächen, wie das Gebiet »der breiten Vierzehn«, wo auf einem Areal von 3500 qkm die Tiefen zwischen 23 und 24 m oder bei rund 14 Faden liegen.

Das Merkwürdigste aber sind die namentlich im Südwestteile auftretenden, ganz schmalen, aber langgestreckten und staffelförmig angeordneten Bänke, unter denen die Fünfbänke zwischen Cromer und der Doggerbank und die zahlreichen Bänke der Hoofden sehr genau aufgenommen sind. Die Seekarten zeigen sie uns alle fast nach demselben Muster gebaut: im Norden sind sie nach NNW, dann nach N, im Süden vor der Themsemündung nach NO gerichtet, ebenso an

der flandrischen Küste. Ihre Länge beträgt 15 bis 20 km, ihre Breite meist nur 2000 m, bei den landnäheren wird sie gröfser. Denkt man sich die Nordsee trocken gelegt, so würden sie als lange Hügelkämme von 20 bis 30 m Höhe ziemlich steil aus dem umgebenden flachen Boden hervorragen. Die südlichsten Bildungen der Art liegen im Kanal von Dover: die Varne- und Colbartbank; sie sind kürzer als die andern, bestehen auch aus Sand, haben aber, wie die Vorarbeiten für das bekannte Tunnelprojekt ergaben, einen Kern von anstehendem Gestein der Portlandformation.

Die Entstehung dieser eigentümlichen Bänke ist nicht ganz leicht verständlich. Englische Geologen haben geäufsert, dafs sie von den Gezeitenströmen aufgeschüttet wären. In der Tat ist die Richtung der Gezeitenströme genau diejenige der Kämme. So finden wir auch ganz analog in Flufsbetten die Sandbänke ebenfalls vorzugsweise in der Längenrichtung des Stroms angeordnet. Aber die erwähnten Gesteinskerne geben doch der Vermutung Raum, dafs in den Bänken Reste des alten Festlands enthalten sind, das einst die britischen Inseln mit dem Norden Frankreichs und mit Flandern verband, und das wesentlich durch die abtragende Tätigkeit des Meeres, insbesondere durch Sturmfluten, zerstört worden ist. In den erwähnten Bänken würden wir dann die letzten Überreste der festeren Gesteinspartien erblicken, zwischen denen die Gezeitenströme alles weichere und lockere Material weggeführt haben: genau so, wie heutigentags die Düne bei Helgoland als der letzte kümmerliche Überrest einer breiten, noch vor 200 Jahren vorhandenen Kalksteinbank, die bis zum Unterland hinüber reichte, erhalten ist und ohne die schützende Tätigkeit des Wasserbautechnikers in den letzten Winterstürmen ganz unter Wasser verschwunden wäre, als ein vollkommenes Analogon zu den Bänken der Hoofden.

Der südliche flachere Teil der Nordsee ist jedenfalls der jüngste. Nach den Untersuchungen von Jukes Browne war nach der Eiszeit und vielleicht schon während derselben der ganze jetzige Nordseeboden Festland: die Richtung der Doggerbank mit ihrem eigentümlichen Steilabfall nach Süden und Südwesten hin scheint auch auf die Ausgestaltung durch das von Norden und Nordosten hergekommene Inlandeis hinzudeuten. Nach dem Rückzuge des Eises aber wurde dieses Nordseeland von den diluvialen Tieren besiedelt, die wir auch auf deutschem Boden mit den ersten Menschen zusammenfinden. Die Hochseefischer holen nicht selten bei der Doggerbank riesige Knochen herauf, die der Zoologe als Skeletteile vom Mammut, wollhaarigem Rhinoceros, Bison, Urochs, Wildpferd, Hyäne, Höhlentiger etc. erkennt.

Jukes Browne läfst diese jetzt auch bei uns ausgestorbenen Säugetiere an den Ufern des damaligen Rheinstroms leben, der durch die erwähnte Silberkule nach NW flofs und auch die Themse als Nebenflufs empfing. An der Schwelle der geologischen Gegenwart ist dann erst die Senkung eingetreten, die den Fluten von Norden her Zugang gewährte und die gegenwärtige Küste mit ihren Watten und Dünen schuf. Die Entstehung der erwähnten Reihenbänke und der Strafse von Dover selbst haben wir uns also als verhältnismäfsig sehr jugendlich vorzustellen.

Um so auffallender steht dieser flachen, aber breit entfalteten Nordsee die tiefe und schmale norwegische Rinne gegenüber. Ihre Entstehung dürfte doch wohl auf Dislokationen beruhen, die in viel ältere Zeiten zurückragen, als sie für die Bodenformen der südlichen Nordsee in Betracht kommen. Diese Rinne ist ziemlich sanft gegen den Nordseeschelf, dagegen um so schroffer gegen das norwegische Felsplateau abgegrenzt: hier finden sich sogar die ungewöhnlich steilen Böschungen von 8° und 10° nicht selten. Überdies ist der innerste Teil der Rinne, das Skagerak, auch der tiefste. Die Karten zeigen hier beträchtliche Flächen von mehr als 500 m und eine schmalere Zone von mehr als 600 m, während eine ältere Messung, die hier sogar 809 m als gröfste Tiefe gibt, wohl mit Recht angezweifelt wird, zumal zwei in allernächster Nähe ausgeführte neue schwedische Lotungen nur 645 und 665 m ergeben haben. Nach Süden hin werden wir die letzten bescheidenen Ausläufer der Rinne im Kattegat wiederfinden. Der Wasseraustausch nach dem Nordmeer hin ist durch eine Schwelle von etwa 280 m Tiefe, auf der Breite von Udsire, beschränkt; an dieser Stelle liegt der Boden der Rinne nur 150 m unter dem der benachbarten Nordsee.

Soviel vom Bodenrelief. Die moderne Meeresuntersuchung wird auf diesem Gebiet kaum besondere Entdeckungen in Aussicht stellen dürfen, da schon die Anforderungen der Schiffahrt eine ziemlich eingehende Auslotung des Nordseebodens zur Folge gehabt haben. Immerhin haben die Lotungen auf den Fahrten unsres Reichsdampfers »Poseidon« bereits ergeben, dafs der Boden der Nordsee im einzelnen viel unregelmäfsiger gestaltet ist, als die Seekarten vermuten lassen.

Bodenarten.

Anders wäre es schon mit der Erforschung der Bodenarten, die sich am Grunde der Nordsee abgelagert haben. Zwar wissen wir namentlich durch die von Gümbel bearbeiteten Bodenproben der deutschen Untersuchungsfahrten an Bord S. M. Kanonenboots »Drache

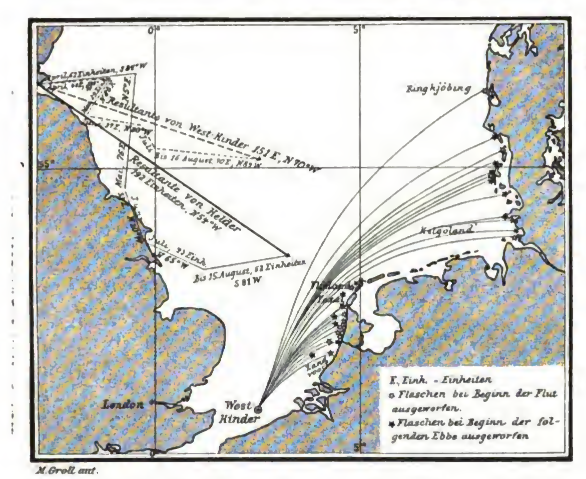
1882 und 1884 schon viel von der Zusammensetzung der sehr verbreiteten Sand- und Schlickböden; aber diese Untersuchungen sind doch nach modernen Prinzipien zu ergänzen und zu wiederholen. Eine neue Bodenkarte der Nordsee zu entwerfen ist daher von den internationalen Konferenzen in Stockholm und Christiania ausdrücklich gewünscht worden; zumal auch die Hochseefischerei ein grofses Interesse daran hat, weil die Grundnetze nur auf weichen Böden gebraucht werden können.

Das Nordseewasser.

Lagen hier ältere Verdienste von deutscher Seite vor, so ist das noch in höherem Grade der Fall, wenn die Untersuchung des Seewassers selbst, das unsere Nordsee bildet, in Frage kommt. Die im Jahre 1870 begründete sogenannte »Kieler Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere im Interesse der Fischerei« hat nicht nur durch ihre Küsten- und Leuchtschiffstationen für die deutsche Bucht der Nordsee die ersten Grundlagen in dieser Beziehung geliefert — wesentlich ein Verdienst von Gustav Karsten und Heinrich Adolf Meyer-Forsteck —, sondern auch auf den im Verein mit der Kaiserlichen Marine ausgeführten Fahrten an Bord der »Pommerania« 1871 und des »Drache« 1882 und 1884 die bis vor kurzem einzigen Beobachtungen aus der landfernen Nordsee; doch fanden die genannten Fahrten nur im Sommer statt. Nachher haben die schon eingangs erwähnten schwedischen Forscher Pettersson und Ekman im Skagerak seit 1890 und gelegentlich auch in der norwegischen Rinne Dr. Joh. Hjort und Fridtjof Nansen wichtige Daten, auch aus dem Winter, beigebracht. Da die skandinavischen Delegierten auf der Konferenz in Stockholm und in Christiania uns dringend darum ersucht hatten, ist die deutsche Linie für die Terminfahrten über die Mitte und den Nordosten der Nordsee erstreckt worden, so dafs sie von Helgoland nach Nordwesten bis zum »Friedhof« an den Westrand der Grofsen Fischerbank, dann über diese hinweg nach Ekersund, sodann von Lindesnäs zur nördlichen Jütlandbank und über die Kleine Fischerbank zur südlichen Jütlandbank und nach Helgoland zurück führt. (Vgl. Figur 1.) Es liegen jetzt in der Tat sehr wertvolle Beobachtungen von den ersten Fahrten vom Mai, August und November 1902 und 1903 fertig bearbeitet vor; die Fahrten in den Februarmonaten 1903 und 1904 sind wegen andauernd stürmischen Wetters leider sehr lückenhaft ausgefallen; es konnten nur ein paar von den vorgeschriebenen fünfzehn Stationen untersucht werden.

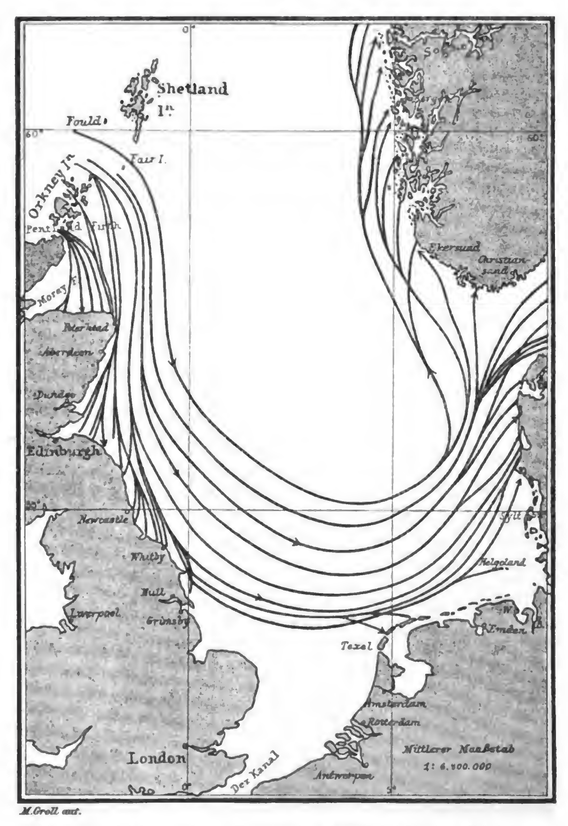
Meeresströmungen.

Ein Verständnis für die Wärme- und Salzgehaltsverteilung im Bereiche der Nordsee ist aber nicht zu gewinnen, ohne dafs vorher ein Blick auf die herrschenden Strömungen geworfen worden wäre. Es kommen hier nur die echten Meeresströme, nicht die Gezeitenströme in Betracht, und wir wollen, von allen theoretischen Ableitungen zunächst absehend, nur die beobachteten Vorgänge darstellen.



Figur 3. Trift der Flaschenposten vom West-Hinder-Feuerschiff, in der Zeit vom 1. April 1900 bis 30. Mai 1901, mit Darstellung der mittleren Windrichtung für die Zeit vom 1. April bis 16. August 1900 in West-Hinder und Helder, nach Prof. G. Gilson, Mém. du Musée R. d'Hist. Nat. de Belgique T. 1, 1901.

Die Seeleute wufsten lange, dafs an der deutschen Küste ein schwacher Strom nach Osten und Nordosten setzt: dieser wurde durch die 1874 von deutschen Leuchtschiffen ausgesetzten Flaschenposten deutlich nachgewiesen. Von den 244 wieder eingelieferten Zetteln waren 95% nach Nordosten gegangen. Das dänische Feuerschiff



Figur 4. Oberflächenströmungen in der Nordsee nach den Flaschenposten des Dr. W. Fulton (Scott. Geogr. Magazine 1897).

»Horns Riff«, wo täglich der Strom gemessen wird, hat einen Strom von 4 Sm in 24 Stunden nach Norden im Jahresdurchschnitt. Das ist zwar wenig, nur 8,6 cm p. S., aber es würde genügen, ein Wasserteilchen von Borkumriff bis Hanstholm in etwa 60 Tagen zu befördern. Weiter im Südwesten haben wir dann die sehr zahlreichen Flaschenposten vom Feuerschiff »West-Hinder« seit dem Jahre 1899: in den ersten beiden Jahren sind 92% der eingelieferten Zettel nach Nordosten getrieben, bis zur Westküste von Jütland hinauf. Die nähere Analyse der in der Triftperiode herrschenden Windrichtungen hat ergeben, dafs die Luftströmungen keineswegs der Triftrichtung besonders günstig waren, so dafs an einem aus dem Kanal in die Nordsee eintretenden Strom wohl nicht zu zweifeln ist (vgl. Figur 3). Besonders überzeugend aber sind die Flaschenposten, die von der schottischen Fischereibehörde massenhaft in der westlichen Nordsee ausgesetzt sind, und worüber Dr. Wemyss Fulton berichtet hat. Westlich von den Orkney- und Shetland-Inseln, auf den Dampferlinien von Edinburgh nach Christiania, Hamburg und Rotterdam wurden von Herbst 1894 bis Ostern 1897 im ganzen 3553 Flaschenposten ausgesetzt; 572 davon sind zurückgekommen. Aus der Zeitfolge, in der die Flaschen angetrieben sind oder in See treibend aufgefischt wurden, ergibt sich deutlich ein an der Ostküste Grofsbritanniens nach Süden und dann südlich von der Doggerbank nach Osten abbiegender und schliefslich an der Küste der cimbrischen Halbinsel nach Norden setzender Strom. Die mittleren Windrichtungen während der ganzen Triftzeit gingen auf den Shetland-Inseln nach Nordost, auf dem Bellrock-Leuchtturm recht nach Ost: es ist also auch hier die mittlere Windrichtung im Endergebnis nicht wesentlich ausschlaggebend (vgl. Figur 4). In kürzeren Perioden ist das freilich der Fall gewesen; starke und andauernde Oststürme haben einzelne Flaschenserien auch nach Südwesten bis in den Kanal hineingehen lassen.

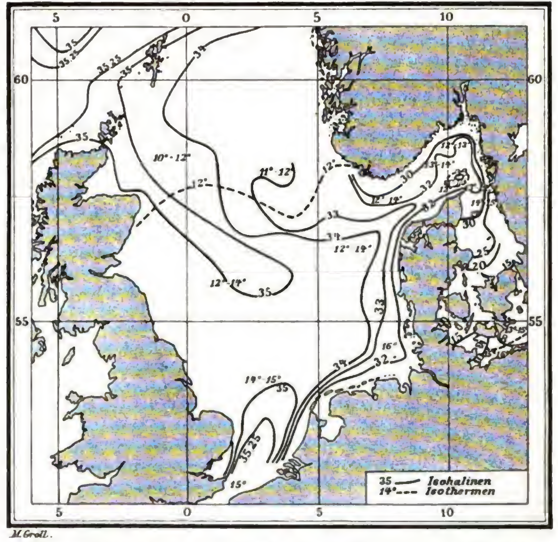
Im allgemeinen umkreist also hiernach ein Meeresstrom die Nordsee entgegengesetzt dem Zeiger der Uhr, wie das übrigens für alle Nebenmeere der höheren nördlichen Breiten Geltung hat.

So gelangt oceanisches Wasser durch das Tor bei Fair I. aus dem Golfstromgebiet in die Nordsee hinein, wird zunächst an der Ostküste Schottlands und Englands nach Süden geführt und mufs sich schon hier mit Landwasser vermischen. Dann kommt aus dem britischen Kanal eine Zufuhr von abermals wesentlich atlantischem Wasser, das aber an der niederländischen und deutschen Küste eine sehr starke Beimischung von Flufswasser erfährt. Das Ganze geht dann nach Norden und immer rechts ans Land gelehnt in das Skagerak hinein.

In der Mitte der Nordsee wird das Wasser im allgemeinen in langsamer Bewegung nach Osten sein.

Verteilung des Salzgehalts.

Vergleicht man damit neuere Karten der Verteilung des Salzgehalts an der Oberfläche, so zeigt sich in der Regel der Verlauf der



Figur 5. Salzgehalt und Temperatur an der Oberfläche der Nordsee im August 1902, nach M. Knudsen (Bulletin des Résultats acquis pendant les courses périodiques, année 1902/1903.)

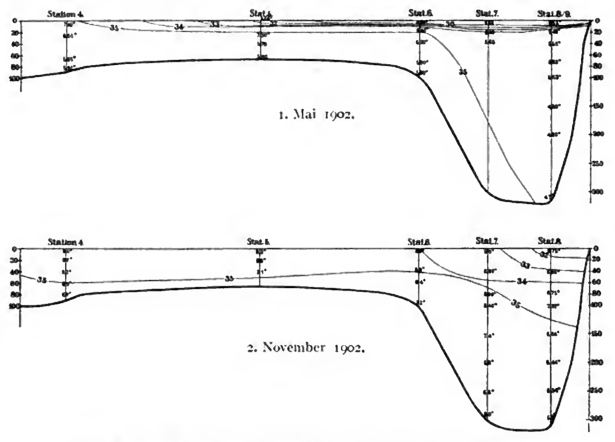
Isohaline von 35 Promille genau so, wie wir ihn erwarten müssen, d. h. man sieht eine starke und breite oceanische Zuströmung von Nordwesten her, eine schwächere Zunge aus dem Kanal, die Ostseite umrahmt von Landwasser (für den August 1902 vgl. Figur 5).

Verwickelter aber liegen die Dinge im Skagerak. Hier sind auch in gleichen Jahreszeiten die gröfsten Verschiedenheiten zu finden. Der im allgemeinen vorherrschende Typus aber wäre doch etwa so zu kennzeichnen:

Aus der Ostsee fliefst ständig schwach salziges Wasser ab, das an der schwedischen Seite des Skageraks stets weniger als 32 Promille Salzgehalt besitzt. Es nimmt im Sommer als ziemlich mächtige und breite Schicht seinen Weg an der Südküste Norwegens entlang nach Westen und Nordwesten, vereinigt sich dabei mit dem aus den regenreichen Fjorden heraustretenden Landwasser und bleibt darum auch an der ganzen norwegischen Westküste trotz der Nähe des Golfstroms immer unter 34, oft unter 33 Promille. Im Winter ist das Volumen des schwach salzigen Wassers am kleinsten, und dann herrscht im Skagerak eine Mischwasserschicht von 32 bis 34 Promille, das sogenannte »Bankwasser« der skandinavischen Gelehrten, das schwerer ist als das baltische, aber doch leichter als das Nordseewasser von 34 bis 35 Promille. Durch starke Weststürme kann der sogenannte baltische Strom ganz in den Ostwinkel des Skageraks zurückgeschoben werden. Dabei wird dann auch das Bankwasser zurückgedrängt und lagert sich auf der Küstenbank vor der bohuslänschen Küste bis in die dortigen Fjordbuchten hinein. Der Herbsthering hält sich anscheinend in diesem Bankwasser auf, das dann im Winter milde temperiert ist (etwa 5°), während der baltische Strom kaltes Wasser (unter 2° bis —1,5°) führt. Bei Ostwinden dagegen breitet sich der baltische Strom weit nach Westen hin aus, das Bankwasser geht wieder mit, flacht sich ab, und mit ihm verteilt sich der Hering, während in der Tiefe das oceanische Wasser nach Osten geht. — Ob diese Wasserbewegungen allein das unregelmäfsige Erscheinen und Wegbleiben des Winterherings an den bohuslänschen Küsten erklären, mufs dahingestellt bleiben.

Unsre neuen deutschen Fahrten in der nördlichen Nordsee haben weitere, sehr auffällige Beweise geliefert für die grofsen Verschiedenheiten in der Anordnung der Wasserschichten, namentlich des baltischen und Bankwassers an derselben Stelle (vgl. Figur 6). Im Mai 1902 reichte dieses leichtere Wasser als dünne oberflächliche Decke von 15 bis 20 m von der norwegischen Küste bis mitten auf die Grofse Fischerbank in einer Breite von 220 km. Der Mai ist in der Tat die Zeit, wo die maximale Entwicklung des baltischen Stroms einsetzt. Ähnlich war es im August; im November dagegen fand sich das baltische Wasser hart an die Küste zurückgedrängt, die Mächtigkeit des Bankwassers darunter war 40 m. Noch auffälliger ist das

Verhalten der tieferen Schichten: im Mai ist das Nordseewasser wesentlich in der tieferen Rinne zu finden, wo es nahe am Lande bis zum Boden in 350 m herrscht. Die niedrige Temperatur von 4,7° bis 4,8° zeigt, dafs es sich um Winterwasser, wahrscheinlich der Grofsen Fischerbank, handelt, das vom Rand der Nordseebank hier in die Tiefe hinuntergedrängt ist; das zeigt auch der Luftgehalt des Wassers, der



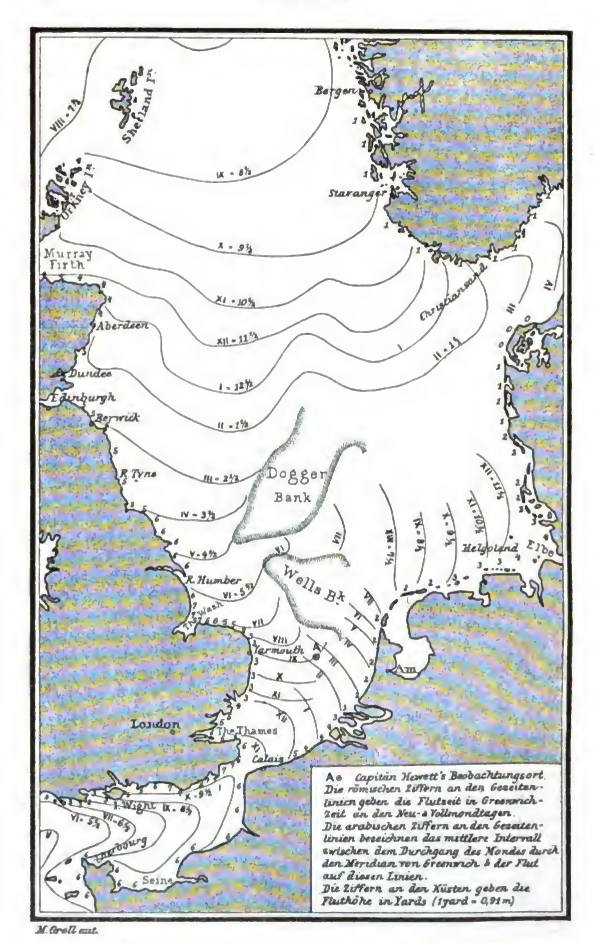
Figur 6. Salzgehalt und Temperatur in der nördlichen Nordsee, im Querschnitt durch die Grofse Fischerbank und die norwegische Rinne für Mai und November 1902. — Die ausgezogenen Linien sind Isohalinen und geben den Salzgehalt in Promille; die Lage der Stationen ist aus der Karte für die Terminfahrten in der Nordsee (Figur 1) ersichtlich; längs der Lotlinien sind die beobachteten Temperaturen eingetragen.

seiner örtlich konservierten Temperatur entspricht. Das oceanische Wasser (über 35 Promille) herrscht auf der Grofsen Fischerbank von 20 m bis zum Grunde und ist auch an der Südflanke der Rinne in die Tiefe hinabgestiegen. — Im Herbst 1902 aber liegt das Nordseewasser fast normal über der Grofsen Fischerbank, von der Oberfläche bis 60 m allein herrschend, nur dicht am Boden findet sich oceanisches Wasser. Dieses erfüllt auch die tiefe Rinne unterhalb von 150 m.

Die Temperaturen sind dabei überall um 1° bis 2° höher als im Mai, während sie an der Oberfläche ungefähr gleich sind. Dafs beide Profile demselben Meer angehören, kann man aus der Anordnung der Isothermen und Isohalinen nicht entnehmen; so verschieden ist das Bild. Jedenfalls aber ist daraus zu schliefsen, dafs hiermit auch grofse Einwirkungen auf die Verbreitung der Organismen Hand in Hand gehen müssen, indem zunächst das Plankton in seiner Funktion als Fischnahrung und damit die Verbreitung der Speisefische selbst beeinflufst wird.

Gezeiten.

Zeigen sich hier wirtschaftlich bedeutungsvolle Vorgänge, die man durch regelmäfsig wiederholte Untersuchungen während der Termin- und Fischereifahrten hoffen darf, in einigen Jahren verstehen zu lernen, so bleiben doch genug andere Probleme übrig, die wir noch nicht enträtseln können. Das gilt namentlich von den Gezeiten. Verständlicher geworden ist wohl die Höhe des Flutwechsels; wir wissen, dafs die Flutwelle beim Hinübertreten aus tiefem in flaches Wasser an Höhe zunimmt, und zwar im umgekehrten Verhältnis zur vierten Wurzel aus der Wassertiefe, und dafs eine seitliche Einengung sie noch wirksamer erhöht, indem dabei die Flutgröfse umgekehrt zur Quadratwurzel aus der Bahnbreite wächst. So sind die Fluthöhen bei Dover 2- bis 3 mal so grofs wie bei Cromer oder Texel. Aber schwer zu verstehen bleiben immer die Hafenzeiten, d. h. der Eintritt des Hochwassers zur Zeit des Neu- oder Vollmonds, welche zu kennen für die praktische Schiffahrt von gröfster Bedeutung ist. Zwar haben wir Tabellen, in denen diese Hafenzeiten für sehr viele Küstenorte genau angegeben sind, aber nebeneinander gelegene Häfen haben oft sehr verschiedene Hafenzeiten. Als einziger Versuch, diese Hafenzeiten auf einer Karte einzutragen und durch Linien gleichzeitigen Fluteintritts ein System in diese Zahlen hineinzubringen, liegt die von dem englischen Physiker Whewell vor 80 Jahren veröffentlichte Karte vor; noch heute wird sie im wesentlichen unverändert in vielen Gezeitentafeln abgedruckt (vgl. Figur 7). Whewell gab nicht nur *cotidal lines*, sondern versuchte auch, sie aus dem Verhalten der aus dem Atlantischen Ocean in die Nordsee eintretenden Wellen gewissermafsen genetisch darzustellen. Zwei solcher Flutwellen erscheinen bei ihm als mafsgebend: eine Welle aus dem britischen Kanal, die von Calais aus an der flandrisch-holländischen Küste entlang bis zum Helder hin die Hafenzeiten beherrschen soll, und aufserdem eine von Norden kommende, die ich die Shetlandwelle nennen will. Er trägt sie auf

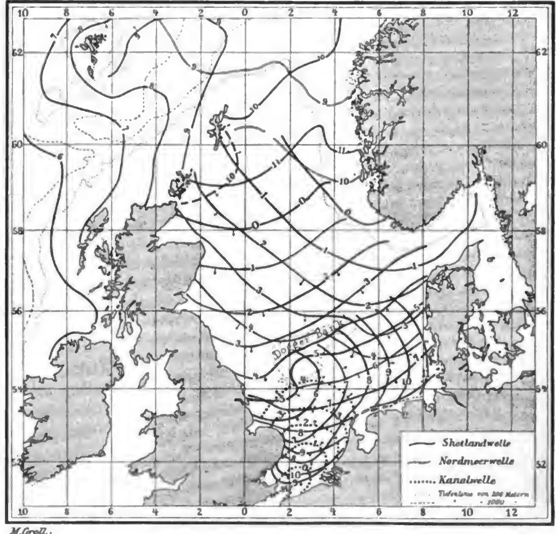


Figur 7. Karte der Flutstundenlinien (Cotidal lines) in der Nordsee, nach Whewell (1836).

seiner Karte quer über die nördliche Nordsee hinweg für jede Stunde nach Greenwichzeit ein. Man sieht, wie er diese Shetlandwelle die Hafenzeiten an der ganzen Ostküste Grofsbritanniens bis zur Themsemündung bestimmen und in den Hoofden die andere, die Kanalwelle, durchkreuzen läfst. Sie soll aber auch die Nordsee südlich von der Doggerbank beherrschen, ferner mit einem Zweige sogar in das Skagerak hinauflaufen.

Dafs diese ganze Darstellung voller Fehler ist, läfst sich leicht beweisen. Wir wissen, dafs sich die Gezeitenwellen mit einer Geschwindigkeit durch das Wasser bewegen, die der Quadratwurzel aus der Wassertiefe proportional ist. Wir können also in einem gut durchloteten Meer, wie der Nordsee, den Weg einer Welle ziemlich genau rechnerisch verfolgen, wenn wir nur einen geeigneten Ausgangspunkt haben, für den die Hafenzeit gut bestimmt ist. Wir müssen dazu eine möglichst frei gegen den Ocean gelegene Stelle wählen und können insofern dem Beispiel Whewells noch folgen, als wir annehmen, dafs die Shetlandwelle um 7 Uhr an einem Vollmondtage bei den Hebriden liegt. Dann läfst sich der weitere Verlauf der Welle aus den genügend bekannten Wassertiefen berechnen. Aber das Bild, welches wir auf diesem Wege erhalten, wird ungleich komplizierter, als bei Whewell. In der Faröer Rinne wird die Welle stark voreilen, auf der flachen Nordseebank zurückbleiben, um die Shetland-Inseln wie um einen im Wasser liegenden Stein von beiden Seiten herumschlagen. In der norwegischen Rinne wird sie jede Stunde 120 Seemeilen, über der Nordseebank aber nur 60 oder 70 Seemeilen durchmessen. Die Wellenkämme werden dadurch umgebogen und schliefslich weiterlaufend sich selbst durchkreuzen. Südlich von der Doggerbank mufs die Welle auf der tiefen Silberkule rasch nach Osten voreilen, so dafs wir gleich drei Systeme, mit der Kanalwelle zusammen sogar deren vier, haben. Aber damit noch nicht genug. Ein Teil der atlantischen Welle, die wir bei den Hebriden ins Auge gefafst haben, ist westlich von den Faröer und durch das sehr tiefe Wasser des Nordmeeres an die norwegische Küste gelangt, wo er $1^1/_2$ Stunden früher eintrifft als die Shetlandwelle. Diese Nordmeerwelle wird nun wieder für sich und unabhängig von der Shetlandwelle ebenfalls ihren Weg nach Süden nehmen und ähnliche Umformungen erleiden wie die Shetlandwelle, dabei stetig mit dieser selbst Interferenzen bilden. Endlich aber ist es wahrscheinlich, dafs alle Wellen, die durch die tiefe Rinne in das Skagerak eindringen, wieder zurückgeworfen werden und mit den ihnen entgegenkommenden ebenfalls Interferenzen bilden.

Kurz, das Bild mufs so unabsehbar verwickelt werden, dafs eine Synthese der hieraus schliefslich zu erwartenden Hafenzeiten stellenweise ganz unmöglich wird. In Figur 8 geben wir einen Versuch für das hieraus entstehende Gewebe der verschiedenen Flutwellen, wobei jedoch, um ein unentwirrbares Knäuel zu vermeiden, die Stundenlinien

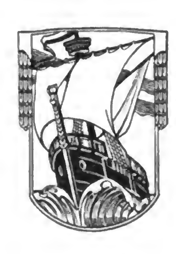


Figur 8. Interferenzen der verschiedenen Gezeitenwellen in der Nordsee, dargestellt durch Flutstundenlinien in Greenwicher Zeit.

der Nordmeerwelle nur bis 10^h, die aus der norwegischen Rinne kommenden Teile der Shetlandwelle nur bis 4^h und die reflektierten Wellen gar nicht dargestellt sind.

Immerhin zeigt unsre angenäherte Konstruktion, dafs sich an gewissen Stellen Wellen mit 6 Stunden Phasenunterschied durchdringen, wobei also der Wellenberg der einen mit dem Wellental der anderen

Welle zusammenfällt, so dafs der Wasserstand unverändert bleibt und nur aus der Verdopplung der Gezeitenströme die Interferenz der Wellen erkennbar wird. (Vgl. Figur 7 Kapt. Hewetts Beobachtungsort bei A.) Man sieht hieraus, dafs die Beobachtung der Gezeiten und der Gezeitenströme in der offenen Nordsee namentlich nördlich von der Doggerbank eine sehr dringliche Aufgabe der Oceanographie geworden ist, und so hat denn auch das Programm der internationalen Konferenz in Stockholm in der Tat verlangt, dafs die Untersuchungsschiffe womöglich eine ganze Gezeit hindurch ankern und den Strom genau messen sollten, wie das von S. M. Kanonenboot »Drache« auf und bei der Doggerbank einige Male geschehen ist. Wir sind dabei, an unserm Forschungsdampfer »Poseidon« die erforderlichen Tiefankervorrichtungen zu erproben, um auch einmal an Tagen geeigneten Wetters diese wichtige Frage fördern zu können.



Die Ostsee.

War die Nordsee wenig gegliedert und breit gegen das von oceanischem Wasser erfüllte Nordmeergebiet geöffnet, so ist die Ostsee ungleich abgeschlossener und auch in sich reicher gegliedert, im ganzen aber so entlegen von allen oceanischen Einflüssen und so unselbständig wie kein anderes Nebenmeer der Welt.

Morphologisches.

Besitzt die Nordsee als einzige Gliederung das Skagerak, vielleicht auch noch die Hoofden, und sind wir im übrigen auf die Bezeichnungen der Fischgründe durch die Seefischer angewiesen, so wird an der Ostsee seit alters eine grofse Zahl deutlicher Abgliederungen unterschieden; vom Kattegat an bis zum Finnischen und Bottnischen Golf hin.

Ist das Areal der Nordsee mit 548 000 qkm beträchtlich gröfser als das der Ostsee mit nur 431 000 qkm, so gibt es doch im Ostseegebiet viel gröfsere Entfernungen auf dem Wasserwege: von Skagen nach Haparanda sind es 1800 km, nach Petersburg 1550, dagegen in der Nordsee von Dover nach Kap Statland nur 1250, von der Pentlandstrafse zur bohuslänschen Küste nur 950 km. Die Ostsee mit ihrer verhältnismäfsig schmalen bottnischen und finnischen Abzweigung sieht einem Talgebilde viel ähnlicher als die breit hingelagerte Nordsee.

Die Talrinnen.

Der gleiche Grundzug kommt auch in den Tiefenverhältnissen zum Ausdruck. Talartig schmale, 30 bis 60 m gegen die Umgebung eingesenkte Rinnen sind besonders im reich gegliederten westlichen Teil der Ostsee häufig.

Im Kattegat sehen wir die »tiefe Rinne« sich aus der breiten Mulde des Skageraks an der schwedischen Seite nach Süden bis auf die Höhe von Anholt hinauf erstrecken, während an der Westseite alles flach bleibt; doch ist auch da die Läsö-Rinne flufsartig eingeschnitten. Ein langes schmales Flufstal ist dann im Samsöbelt er-

halten, und der Kleine Belt ist doch auch nichts andres. Wer mit dem Trajekt von Fridericia herüberfährt, sieht es diesem gewundenen, von grünen Wiesen und Gehölzen anmutig umrahmten Gewässer nicht an, dafs es eine Meeresstrafse sein soll. Flufstalrinnen sind denn auch reichlich im Grofsen Belt vorhanden, die ganze Bodengestaltung des flachen Gebiets nördlich von Laaland mit dem Staaltief, dem Guldborgsund, dem Storström und Grönsund führt zu dem Eindruck, als habe man es mit einem nur oberflächlich überschwemmten Stück Festland zu tun. Geht man ins einzelne, wie im Grofsen Belt bei Korsör, mit den tiefen Rinnen von Halskov, Agersö- und Omösund, die alle über 40 m tief sind, so erstehen vor unserm Auge Flufsschlingen, die aussehen, als wenn der Kleine Belt um 50 m gesenkt wäre. (Vgl. Tafel 2.)

Diese Vorstellungen sind geologisch durchaus nicht unbegründet. Die besten Kenner der Entwicklungsgeschichte der Ostsee, die schwedischen Geologen Henrik Munthe und Gerard de Geer, haben nachgewiesen, dafs nach der Eiszeit, und zwar damals, als die südliche Nordsee Festland war und die erwähnte jetzt ausgestorbene Säugetierfauna beherbergte, auch das Ostseegebiet anders aussah als heute. Die dänischen Inseln lagen 50 bis 60 m höher, und die Ostsee selbst war zu einem grofsen Süfswassersee geworden, von denselben Tieren belebt, die heute unsere norddeutschen Binnenseen bewohnen. Die Strandablagerungen einer kleinen napfförmigen Schnecke haben der damaligen Ostsee den Namen der Ancylussee eingebracht. Die ausfliefsenden Gewässer gingen damals im Bereich der jetzigen dänischen Inseln in Flufstälern in das Skagerak hinüber, ähnlich wie wir heutigentags Flufsbetten von verwandter Gestalt als Verbindungen zwischen den grofsen kanadischen Seen kennen. Zur Ancyluszeit lebte auch hier der paläolithische Mensch. Bemerkt sei weiter, dafs zwischen der Ancyluszeit und der Gegenwart noch eine wichtige andere Entwicklungsphase der Ostsee liegt, wo das trennende Land wieder beträchtlich tiefer eingesenkt war als heute, wo darum der Austausch ihrer Gewässer mit denen des Skageraks und der Nordsee viel ergiebiger erfolgte als in der Gegenwart. Diese Phase, die sogenannte Litorinazeit, mufste auch am Meeresboden ihre Spuren hinterlassen, insofern als die unbehindert eindringenden Gezeiten mit ihren kräftigen, alternierenden Strömungen die alten Flufsbetten mit Sand und Schlick stellenweise zubauten, so dafs uns vom Talsystem der Ancyluszeit nur Bruchstücke erhalten geblieben sind. Bemerkenswert bleibt es immerhin, dafs wir die eigentümlichsten Gestalten des Meeresbodens hier ebensowenig wie in der südlichen Nordsee verstehen können, ohne die geologische Entwicklungsgeschichte heranzuziehen.

Die Beltsee.

Um so natürlicher wird es hiernach sein, wenn wir diesen westlichen Teil der Ostsee entsprechend seiner charakteristischen geologischen Vergangenheit auch mit einem besonderen Namen belegen, wofür sich der Name der Beltsee empfiehlt. Entsprechend den Wünschen der dänischen Fachgenossen ist dieser Begriff in den Veröffentlichungen der internationalen Meeresforschung aber enger zu fassen, als ich ihn 1895 aufstellte. Sund und Kattegat werden nicht hineinbezogen, dagegen gehören zur Beltsee die Strafsen des Samsöbelts, Grofsen- und Langelandbelts, des Kleinen- und Alsenbelts, die Kieler Bucht, der Fehmarnbelt, die Mecklenburger Bucht und zuletzt die Kadetrinne, das östlichste und schon recht breite Stück Ancylustal; die Darsser Schwelle begrenzt diese Beltsee nach Osten. Auch für die Wärme- und Salzgehaltsregulierung der ganzen Ostsee spielt die Beltsee, wie wir sehen werden, eine entscheidende Rolle.

Die eigentliche Ostsee.

Finden wir die mittlere Tiefe des Kattegats nur zu 28 m, die der Beltsee gar nur zu 16 m, so ist die übrige Ostsee im Mittel 71 m tief, wir dürfen also in ihr tiefere Einsenkungen erwarten. Allgemein werden nun die räumlichen Verhältnisse etwas grofszügiger, die Flächen breiter.

Gleich östlich von Bornholm haben wir die erste gröfsere Mulde von 60 bis über 100 m, im Osten durch die Mittelbank begrenzt, im Südwesten durch die Rönnebank und den Adlergrund.

Flachere Schwellen zu beiden Seiten der Mittelbank leiten hinüber zu dem von der Hoborgbank und der Insel Gotland geteilten gröfsten Tiefenbecken der Ostsee; in der Danziger Bucht haben wir bis 113 m, östlich von Gotland bis 249 m, während das kleinere Becken westlich von Gotland die Landsorter Tiefe südlich von Stockholm besitzt, eine ganz eng begrenzte, steile und kesselförmige Einsenkung von über 400 m Tiefe. Der Finnische Golf gehört noch ganz zur östlichen Gotlandtiefe, der Rigaer Busen wird im südlichen Teil über 40 bis 47 m tief.

Verwickelter ist der Übergang zum Bottnischen Golf, der sich durch ziemlich seichte Schwellen gegen die eigentliche Ostsee abgrenzt. Westlich von den Ålandinseln liegt in den Süderquarken wieder so ein tiefer Kessel von 244 m, und eine nur wenig tiefere Bildung, eine Wiederholung der Landsorter Tiefe nach ihren Umrissen, tritt dann in 63° N-Br. auf. Diese Kessel erinnern an gewisse Bodenformen in den schwedischen und russischen Seen, sind aber nicht

leicht zu erklären. Die Bottnische Wieck ist in den Nordquarken flach und übersteigt nirgends 150 m.

Wie der Bottnische Golf und die Nordseite des Finnischen Golfs, so ist der gröfste Teil der schwedischen Küsten der Ostsee mit einem Bodenrelief begabt, das man als überschwemmte Schärenlandschaft bezeichnen könnte. Unzählige kleine Riffe und Bänke mit engen gewundenen Rinnen dazwischen geben ungemein verwickelte Fahrwasser, wo der Fremde ohne Lotsenhilfe verloren ist. Die Rundhöckerform der Schärenklippen zeigt, dafs dieses Relief auf die Eiszeit zurückführt.

Die Steingründe.

Auch die südlichen Randgebiete des Ostseebeckens bis in die Beltsee hinein besitzen ein nicht minder lästiges Hindernis für die Schiffahrt in Gestalt der sogenannten Steingründe, die in der Nordsee ganz fehlen, wenn auch Findlinge angeblich in den Grundnetzen der Nordseefischer gelegentlich gefunden werden und auch sonst ein steiniger Grund die Kurrenfischerei stellenweise ganz ausschliefsen kann. In der ganzen Ostsee sind diese Findlinge fast überall als Bodenbestreuung nachgewiesen, so dafs in der Tat von der Möglichkeit einer Grundnetzfischerei in der ergiebigen Art, wie sie die Nordsee erlaubt, hier nicht die Rede sein kann. Diese lockere Steinbestreuung ist auch unsern Seeoffizieren sehr wohl bekannt, denn hinter solchen Steinen bleiben die während der Fahrt ausgeworfenen Thomsonlote leicht hängen und gehen verloren. In den erwähnten Steingründen aber findet man ganze Steinpackungen, wo die Findlinge Kante an Kante aufeinanderliegen und bis in die Nähe der Meeresoberfläche heraufragen. Die Steingründe sind nun zwar ein Eldorado für den Botaniker, der dort die schönsten und zierlichsten Rotalgen sammeln kann; auch haben sie einen Spezialzweig der Ostseefischerei zu zeitweilig grofsartiger Entwicklung gebracht, die sogenannte Steinfischerei. Von kleinen Jachten und Ewern werden die Steine aus der Tiefe gefischt oder mit Greifmaschinen heraufgeholt und in den Seestädten zu Bauten verwendet. Aber im ganzen sind die Steingründe mit Recht gefürchtete Hindernisse der grofsen Schiffahrt. Am bekanntesten sind in dieser Hinsicht der Adlergrund und die Oderbank, dann in der Beltsee der für die Evolutionen unserer Kriegsmarine sehr unbequem gelegene Stollergrund. Die übrigen hat Joh. Reinke bis in den Alsenbelt hinauf auf seiner Vegetationskarte der westlichen Ostsee im einzelnen verzeichnet. Diese Steinpackungen sind zum Teil wohl nichts andres als Reste von weggespülten Inseln. An jedem hohen abbrechenden Ufer der Ostsee kann man den Vorgang beobachten, wie

aus den Geschiebemergeln der feine Sand und Lehm von der Brandung weggeschwemmt wird, während die Steine liegen bleiben. Andere dieser Bänke haben auch wieder Verwandtschaft mit den Steinmoränen, wie sie aus der Eiszeit auf den norddeutschen Diluvialrücken von Behrendt, Geinitz, Wahnschaffe u. a. beschrieben worden sind.

Das Ostseewasser.

Wenden wir uns nun dem Wasser zu, das die Ostsee erfüllt, so finden wir ebenfalls ausgesprochene Unterschiede gegenüber der Nordsee. Zeigte diese noch reichlich oceanisches Wasser, so ist die Ostsee schon aus den Zeiten der Ancylusperiode vorzugsweise ein Sammelbecken atmosphärischer Gewässer. Geben wir dem Landgebiet, das seine Flüsse in die Ostsee sendet, ein Areal von 1 663 000 qkm und eine durchschnittliche Niederschlagshöhe von 60 cm und lassen wir hiervon $^1/_3$ in die See abfliefsen, so erhalten wir 333 cbkm Landwasser. Die Ostsee selbst empfängt ebenfalls Regenfall, und zwar kaum mehr als 55 cm. Lassen wir auch hiervon $^1/_3$ durch Verdunstung verloren gehen, so liefert die Ostseefläche selbst 158 cbkm Regenwasser in einem Jahr. Der gesamte atmosphärische Niederschlag im Ostseegebiete beträgt danach rund 490 cbkm, d. i. $^1/_{60}$ des ganzen Volumens der Ostsee. Diese Zahl bedeutet, dafs, falls man das Tor zwischen Skagen und Marstrand gegen das Skagerak verschliefsen könnte, sich das Ostseebecken in zwei Menschenaltern mit Süfswasser bis zur jetzigen Höhe des Meeresspiegels füllen liefse.

Heute aber sind ihre Zugangstore zwar beengt, aber die Ostsee ist weit davon entfernt, auch physikalisch ein *mare clausum* zu sein. Als Ganzes betrachtet, können wir sagen, steht das Wasser der Ostsee dem der Nordsee wie eine Säule von bedeutend geringerem spezifischen Gewicht zur Seite, und ein Ausgleich dieser Dichteunterschiede mufs notwendig in der Weise erfolgen, dafs an der Oberfläche das leichtere Wasser, also das baltische, hinausfliefst, während das salzreichere Nordseewasser als Unterstrom in der Tiefe seinen Einzug nimmt. Ein Längsschnitt durch das Ostseegebiet von Skagen bis Haparanda hin gestattet uns, diesen Vorgang abzulesen an der keilförmigen Gestalt der Isohalinen. Wir finden an der Oberfläche im Bottnischen Golf 2 bis 4 Promille, von den Finnischen Schären bis Bornholm 7 bis 8 Promille, dann rasch zunehmend bei Schulzgrund am Nordeingange des Grofsen Belts 20 und bei Skagen 30 Promille. Am Boden reicht ein Salzgehalt von 20 Promille bis in die Kieler Bucht, 12 Promille bis in die Gotlandtiefe, 8 Promille bis in die Ålandtiefe.

Strömungen.

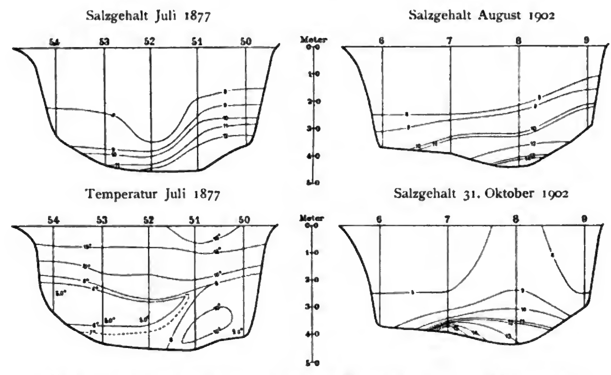
Das hieraus erkennbare vertikale Stromsystem erleidet nun aber mannigfache Modifikationen.

Zunächst wird die Erdrotation diese wie alle andern Strombewegungen auf der Erdoberfläche beeinflussen, indem sie die fliefsenden Wasser hier nach rechts drängt. Der baltische Strom wird daher im Kattegat an der schwedischen Seite und über der tiefen Rinne liegen, das eindringende Nordseewasser an der gegenüberliegenden jütländischen. In der Ostsee selbst wird ebenfalls die schwedische Seite das abfliefsende leichtere Wasser zeigen, so dafs der Sund das hauptsächlichste Ausflufstor wird, während wieder die Belte, insbesondere der tiefe Grofse Belt, das Haupteingangstor des schweren Wassers bilden.

Zweitens sind die Wassertiefen und die ganze Gliederung der Beltsee einem ergiebigen Austausch der Gewässer nicht günstig. Die geringe mittlere Tiefe des Kattegat von 28 m, der Drogdenschwelle im Sund von nur 7 m, der Darsserschwelle von 18 m, aber auch die sonst grofse Ausdehnung der Flächen von weniger als 20 m Tiefe engen das nutzbare Durchflufsprofil sehr ein, und schliefslich sind auch die geräumigeren Tiefenbecken der eigentlichen Ostsee durch seichtere Schwellen gegeneinander abgeschlossen.

Drittens kommt hierzu die wichtige Einwirkung der Winde, die hier womöglich noch bedeutsamer werden als in der Nordsee. Starke Westwinde treiben das Wasser der eigentlichen Ostsee vor sich her und senken den Spiegel der Beltsee, so dafs von Skagen her salzigeres Wasser Zutritt finden kann. Ostwinde dagegen breiten das baltische Wasser über die ganze Beltsee und das Kattegat aus, ähnlich wie wir das schon aus dem Skagerak kennen. So wird die Zuführung von salzigerem Wasser auch in der Tiefe nicht kontinuierlich, sondern unregelmäfsig, stofsweise erfolgen und das zugeführte Quantum in jedem Fall verschieden grofs ausfallen. Ferner aber werden die Stürme, namentlich im Winter, das Wasser in Kattegat und Beltsee so aufrühren und durchmischen, dafs vorübergehend die ganze Wassermasse in diesen Zufuhrwegen gleiche Salzgehalte und Temperaturen erhält, bis sich dann bei ruhigem Wetter wieder eine dem normalen Zustand ähnlichere Schichtung ausbildet. Daher die rasche Abnahme des Salzgehalts vom Samsöbelt bis Rügen und die erstaunlich grofsen Schwankungen, die bei Korsör bereits Salzgehalte von 30 und 10 Promille in demselben Jahr haben auftreten lassen. Die Beltsee ist also die Mischpfanne, auf welcher das Ostseewasser zurechtgemengt wird. Da im Sommer stürmisches Wetter seltener ist, wird auch diese Durchmischung mäfsiger

werden, dann aber abkühlend und versalzend auf die Oberfläche einwirken. Im Winter wird die Oberfläche bei der Durchmischung wärmer, immer aber das Tiefenwasser verdünnt. Der dänische Hydrograph Martin Knudsen hat in einer Reihe meisterhafter Untersuchungen diese Vorgänge dargestellt; er konnte nachweisen, dafs von dem Salzgehalt des Skageraks nur $^2/_3$ durch den Unterstrom in die Ostsee gelangen, $^1/_3$ aber wieder dem baltischen Strom zugemischt nach Norden



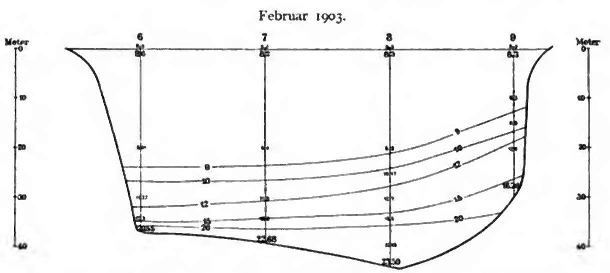
Figur 9. Profile für den Salzgehalt und die Temperatur in der Arkonatiefe zwischen Trelleborg und Arkona. Die Zahlen über den senkrechten Linien sind die Nummern der Stationen, auf den beiden Figuren vom Juli 1877 nach F. L. Ekman (1877), auf den beiden andern nach den deutschen Terminfahrten (s. Figur 2). — Die Salzgehalte sind durch die ausgezogenen Isohalinen in Promille angegeben.

hinausgeht. Ebenso kehren von dem wenigen Salz, das der auslaufende baltische Strom selbst enthält, $^2/_3$ wieder zur Ostsee zurück, und von dem atmosphärischen Regen- und Flufswasser gelangt $^1/_3$ nach Mischung in der Beltsee wieder in die Ostsee zurück.

Das Tiefenwasser.

Hat der Unterstrom die Beltsee passiert, so gelangt er in das erste der Tiefenbecken der Ostsee, die zwischen Rügen und Schonen gelegene Arkonatiefe. Sie ist 55 m tief und steht nördlich von Bornholm mit der 105 m messenden geräumigen Bornholmer Mulde

in Zusammenhang. Der normale Unterstrom drängt, von der Darsser Schwelle kommend, rechts an der Rügenschen Seite nach Osten, biegt dann vor der Rönnebank nach Nordosten ab und scheint sich so zu teilen, dafs der Hauptast in die Bornholmer Mulde weiterzieht, ein kleinerer Zweig aber an der schwedischen Küste nach Westen umbiegt und mit dem baltischen Strom der Oberfläche zusammen nach Westen geht, um bei der Möenbank wieder nach Süden in den Rügenschen Strom zurückzulenken. Strommessungen Petterssons aus dem Jahre 1901 lassen auf eine derartige Zirkulation schliefsen. In ihren Wir-



Figur 10. Profil für den Salzgehalt in der Arkonatiefe Februar 1903 nach der deutschen Terminfahrt. Die Stationen sind dieselben wie auf Figur 9 und Figur 2. Die ausgezogenen Linien sind Isohalinen und geben die Salzgehalte in Promille. Die beobachteten Salzgehalte sind in kleinen Ziffern an den Lotlinien entlang verzeichnet.

kungen auf die Verteilung des Salzgehalts und der Temperatur ist sie aus den Untersuchungen des älteren Ekman vom Sommer 1877, ebenso wie aus unsern neuesten deutschen Terminfahrten erkennbar. (Vgl. Figur 9 und 10.) Bemerkenswert ist jedoch, dafs auf der bei der Möenbank gelegenen deutschen Station 7 der Salzgehalt am 31. Oktober 1902 am Boden fast 16 Promille war, während sich nördlich von Arkona nur 13 Promille fanden. Dieser höhere Salzgehalt gehört nun wahrscheinlich nicht dem wieder zurückkehrenden Rügenschen Strom an, sondern kam aus dem Sund. Knudsen hat nachgewiesen, dafs der Sund gelegentlich, und zwar in allen Jahreszeiten, bei der Drogdenschwelle einen Salzgehalt bis zu 17 und 18 Promille an der Oberfläche führen kann, so dafs ein mehrtägiger Nordweststurm dieses aus dem Kattegat stammende schwere Wasser über die Schwelle hinüberzuschieben und die Arkona-

tiefe damit zu versorgen vermag. Freilich sind die Gelegenheiten, wo dies wirklich eintritt, verhältnismäfsig selten, vielmehr wird der normale Weg über die Darsser Schwelle als etwa fünfmal häufiger und bei der gröfseren Breite und Tiefe dieser Schwelle noch als vielfach ergiebiger in Betracht kommen. Um Beltseewasser hat es sich auch gehandelt, als im Februar 1903 der ganze Boden der Arkonatiefe unterhalb von 35 m mit dem bis dahin unerhörten Salzgehalt von über 20 Promille (am Boden der Station 8 sogar 23,50 Promille) erfüllt war. Man durfte mit einiger Spannung der weiteren Verbreitung dieses auch durch seine niedrige Temperatur (2°) abnormen Bodenwassers nach Osten hin entgegensehen. Die nächsten deutschen Terminfahrten[1]) haben es dann auch bis in die Danziger Bucht hinein nachgewiesen. Die Verhältnisse, die hierbei im Auge zu behalten sind, sind folgende:

Aus dem Gebiet nördlich von Rügen empfängt zunächst die Bornholmer Mulde so erneuertes Tiefenwasser. Aus dem Salzgehalt ist das nicht immer so deutlich nachweisbar, wie aus den Temperaturen. Immerhin hatte auch der Salzgehalt am Boden in rund 100 m Tiefe in der Zeit zwischen 1877 und 1902 von 16,9 bis 15,9 Promille geschwankt, ganz anders aber die Temperatur zwischen 2,8 und 8,2°. Im Herbst 1902 war die Bodentemperatur noch 4,6°; im Februar 1903 mufste nun das kalte Wasser der Arkonatiefe hier eingedrungen sein, denn im Mai 1903 fand sich eine Bodentemperatur von nur 3,16°. Seitdem hat sie sich allmählich wieder erwärmt und zeigte im Februar 1904 3,47°. Der Salzgehalt aber war im Mai 1903 ebenfalls auffallend hoch geworden mit 17,8 Promille; jetzt ist er langsam wieder heruntergegangen (16,9 Promille im Februar 1904).

Damit dieses Bodenwasser von 16 Promille auch in die gröfseren Tiefen der Danziger Bucht und noch weiter in die von Gotland gelangte, müfste es sich mindestens bis zum Niveau der diese grofsen Becken im Westen begrenzenden Schwellen, also etwa 65 m, auffüllen. Das wird nur sehr selten möglich sein. Überdies sind diese Schwellen ziemlich breit, und stürmischer Seegang mischt auch hier die oberen und unteren Schichten merklich durcheinander. Bei der Terminfahrt im August 1902 fand sich auf der Ausreise am 10. August auf der Schwelle nördlich von der Stolper Bank am Boden in 60 m Tiefe ein Salzgehalt von 14,7 Promille; als der Dampfer drei Tage später, nachdem heftige Weststürme geweht hatten, an derselben Stelle die Messung wiederholte, war der Salzgehalt nur 11 Promille. So kann in die Danziger und von da in die Gotlandtiefe wohl immer nur stark von

[1]) Das Folgende enthält einige neue Zusätze vom Juni 1904.

der Oberfläche her angemischtes Wasser hinübergelangen. Soweit wir nun über diesen Teil der Ostsee unterrichtet sind, d. h. seit 1877, hat jedenfalls die Danziger Bucht ihr Tiefenwasser erst im Februar 1903 wieder einmal in dieser Weise erneuert. Im November 1902 hatten unsere Gelehrten auf dem »Poseidon« die Bodentemperatur daselbst noch = 5,58° gemessen, im Mai 1903 aber waren es nur 3,44°. Seitdem ist sie mit jeder Terminfahrt schrittweise angestiegen und war im Mai 1904 schon 4,3°. Der Salzgehalt aber hat in der gleichen Zeit von 13,1 auf 11,8 Promille, offenbar durch Diffusion, abgenommen. Dafs es sich damals um eine Erneuerung des Wassers gehandelt hat, wird unwiderlegbar erwiesen durch den Sauerstoffgehalt der dem Tiefenwasser beigemengten Luft; er betrug im November 1902 nur 6 Prozent, dagegen im Mai 1903 volle 25 Prozent, ist seitdem wieder schrittweise heruntergegangen und mafs im Februar 1904 nur 9 Prozent. Wie weit diese Erneuerung des Tiefenwassers aber weiter nach Nordosten hin gereicht hat, ist leider nicht festzustellen, da die Gotlandtiefe seit 1902 nicht mehr untersucht worden ist; sie gehört zum russischen Forschungsgebiet in der Ostsee. Vor dieser Zeit aber ist das Wasser sich selbst überlassen geblieben; das Verhalten des Salzgehalts wenigstens läfst kaum eine andere Deutung zu. Es fanden nämlich in rund 240 m Tiefe: der ältere Ekman 1877: 12,2 Promille, ich selbst 1894: 11,8, die Schweden 1902: 11,6 Promille, so dafs wohl nur eine leichte Verdünnung des alten Wassers auf Grund von Diffusion anzunehmen ist. Bis zur Gotlandtiefe hin stammt das Bodenwasser jedenfalls aus der Beltsee her; in der Ålandtiefe dagegen ruht Wasser von 7 bis 8 Promille, dessen Ursprung an der Oberfläche der südlichen und mittleren Ostsee gesucht werden mufs.

Die homohaline Deckschicht.

Diese oberen Schichten der Ostsee zwischen Bornholm und den finnischen Schären zeigen eine merkwürdige Konstanz im Salzgehalt, der jahraus, jahrein zwischen 7 und 8 Promille liegt; nur die Temperaturen erleiden starke jahreszeitliche Schwankungen. In der Regel reicht der genannte gleichmäfsige Salzgehalt von $7^1/_2$ Promille bis zu einer Tiefe von 55 m: das ist die sogenannte homohaline Deckschicht. Diese wird im Sommer von oben her erwärmt, meist über 15° bis in etwa 20 m Tiefe. Darunter nimmt die Temperatur dann ab, zuerst sehr rasch (und zwar bei ruhigem Wetter in einer so ausgeprägten »Sprungschicht«, wie kaum in einem Alpensee), dann langsamer, und in 55 m Tiefe ist die Schicht niedrigster Temperatur erreicht, die zwischen 1,6 und 3°, auch 4° liegt, was in den einzelnen Jahren ver-

schieden ist. Von 55 m, also vom unteren Rande der homohalinen Deckschicht ab, nimmt die Temperatur wieder ein wenig zu und zeigt in den Tiefenmulden bei Gotland zwischen 3 und 4°. Woher entsteht diese kälteste Schicht?

Winterbeobachtungen zeigen, dafs dann die ganze Wassersäule im Bereich der homohalinen Deckschicht dieselbe niedrige Temperatur hat, die im einzelnen von der dem Dichtigkeitsmaximum des betreffenden Seewassers entsprechenden nicht weit entfernt ist. So war am 19. Februar 1903 auf Station 11 der deutschen Terminfahrt nördlich von der Stolperbank die Temperatur von der Oberfläche bis 55 m überall genau 2,0° bei einem Salzgehalt von 7,3 Promille. Von 55 m ab nahm mit gleichzeitig rasch ansteigendem Salzgehalt die Temperatur zu bis 4,57° bei 13,6 Promille in 72 m Tiefe. Die homohaline Deckschicht war also damals auch eine homotherme Schicht. Das Weitere ist nun leicht verständlich. Im Herbst wird die Oberflächenschicht durch Abgabe ihrer Wärme an die sehr viel kältere Atmosphäre rasch abgekühlt und damit schwerer, sie mufs in die Tiefe sinken, wärmere Schichten steigen dafür auf und werden ihrerseits abgekühlt, bis dann die ganze Deckschicht die Temperatur des Dichtigkeitsmaximums erreicht hat; bei fortgesetzter Abkühlung kann dann die Oberfläche auch kälter sein, als die tieferen Schichten. Immer wird sich aber die Temperatur des Dichtigkeitsmaximums am unteren Rand der Deckschicht finden und den Sommer hindurch bewahrt bleiben. Darum wirkt die Ostsee in den Frühsommer hinein stark abkühlend auf ihre Umgebung, während sie umgekehrt im Herbst die in der Deckschicht aufgespeicherte Wärme ausstrahlt und namentlich den Inseln eine verlängerte Vegetationsperiode sichert. Das gilt schon von Rügen, noch mehr von Bornholm, am meisten von Gotland, wo der lange milde Herbst viele, sonst in diesen Breiten schlecht gedeihende Obstbäume, wie die Walnufs, ihre Früchte reifen läfst und sogar Zuckerrübenbau ermöglicht.

Die Dichtigkeitsfläche.

Wenn wir die Ostsee ein Sammelbecken meteorischer Niederschläge mit sekundärer Zufuhr von oceanischem Wasser nennen, so wird diese ihre Natur auch im Niveaustand ihrer Oberfläche zum Ausdruck kommen müssen: diese mufs nach Osten und Nordosten hin ansteigen. In der Tat zeigen auch die modernsten Nivellements Andeutungen eines solchen Gefälles entlang der deutschen Küste. Zwischen Travemünde und Fehmarn einerseits und Swinemünde anderseits ergab sich ein Niveauunterschied von 7,6 cm; das gleiche Gefälle,

über die ganze Küste ausgedehnt, würde ergeben, dafs bei Memel der Ostseespiegel etwa 30 cm höher läge als bei Kiel.

Seit Henrik Mohns klassischen Untersuchungen besitzen wir aber auch Hilfsmittel, um aus einer genügend grofsen Zahl von Salzgehalts- und Temperaturbestimmungen das Profil der Meeresoberfläche abzuleiten, d. h. eine sogenannte Dichtigkeitsfläche zu konstruieren. Dr. Engelhardt hat das in seinen »Untersuchungen über die Strömungen der Ostsee« (Kieler Diss. 1899) wesentlich auf Grund der Ekmanschen Untersuchungen des Jahres 1877 ausgeführt; er fand nicht nur an den Küsten allgemein ein höheres Niveau als in der Mitte, und zwar bei Bornholm etwa 4, bei Gotland 2 cm, sondern der Finnische und der Bottnische Golf haben einen erheblich höheren Stand als die übrige Ostsee; von Haparanda zu den Ålandinseln besteht ein Gefälle von 4,5 cm, von der Newamündung bis Dagö ein solches von $8^1/_2$ cm. Hieraus sind dann die Strömungen leicht abzuleiten, die aus solchen Dichteunterschieden hervorgehen müssen: an der schwedischen Küste nach Südwesten, an der preufsisch-russischen Küste nach Nordosten. Im ganzen aber ergab sich, dafs das Ostseeniveau etwa 20 bis 25 cm höher lag, als das des Skageraks, wodurch die Entstehung des so beständigen baltischen Stroms ohne weiteres einleuchtet.

Windtriften und Windstau.

Im übrigen aber ist im Bereich der ganzen Ostsee der örtlich dem Seefahrer fühlbare Strom von den herrschenden Winden abhängig; das Überwiegen der westlichen Luftströmung läfst namentlich entlang der pommerschen und preufsischen Küste lebhafte, nach Osten gehende Strömungen entstehen, die beim Einsegeln in die Molenhäfen von Stolpmünde oder Rügenwalde oft so kräftig befunden werden, dafs sie die Schiffe aus dem Ruder laufen lassen.

Noch auffälliger sind die durch die Winde hervorgerufenen raschen und ergiebigen Niveauschwankungen. Ebbe und Flut fehlen zwar der Ostsee durchaus nicht, aber sie sind durchweg mikroskopisch klein. Bei ganz ruhigem Wetter sind sofort an allen Pegeln die halbtägigen Wellen erkennbar, allerdings in Amplitüden von z. B. nur 1 cm bei Arkona. Wer an der Ostsee wohnt, kann davon nichts wahrnehmen, wohl aber ist zu bemerken, wie in Kiel der Westwind das Wasser im Hafen senkt, während man es gleichzeitig in Memel steigen sehen könnte. Solche Schwankungen vollziehen sich im Kieler Hafen oft in unglaublich kurzer Zeit; so war am Pegel der Kaiserlichen Werft der niedrigste Stand des ganzen Jahres 1892 am 6. Januar mit 1,14 m unter Null, der höchste nur vier Tage später, am 10. Januar, mit 1,17 m über Null.

Sturmfluten können an der Ostsee bekanntlich ebenso verheerend wirken wie an der Nordsee. Sie sind vielleicht um so unangenehmer, als der Nordoststurm, der sie den mecklenburgischen und holsteinischen Küsten bringt, im Winter gleichzeitig die eisige Luft Lappmarkens oder Finnlands herbeiträgt. Büsche und Sträucher am Strande, über welche der Gischt der brandenden See hinwegfliegt, bedecken sich dann wie kandiert mit glashellen Eisschichten, und die aus ihren überschwemmten Häusern vertriebenen Leute kommen durch den Frost in doppelte Not.

Niveauschwankungen.

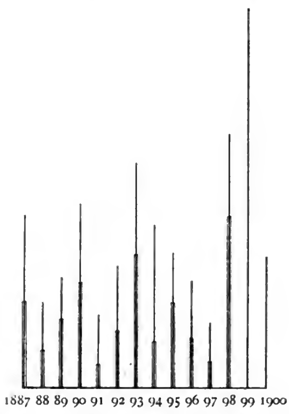
Neben diesen von den Winden hervorgerufenen Niveauschwankungen zeigt die Ostsee ein regelmäfsiges periodisches Auf- und Abschwellen ihrer Oberfläche in den Jahreszeiten. Entsprechend dem allgemeinen Maximum des Regenfalls, der in den umgebenden Ländern im Hochsommer eintritt, finden wir auf allen Pegelstationen rings um die ganze Ostsee mit leicht verständlicher Verzögerung einen all-



Figur 11. Mittlere monatliche Wasserstände der Ostsee in $^4/_{10}$ der natürlichen Höhe; die einfachen Linien geben den mittleren Wert der neun schwedischen Küstenstationen, die Doppellinien die Monatsmittel für Swinemünde 1887 bis 1898.

gemeinen Hochstand in den Monaten August und September, während wir im April und Mai, der niederschlagärmsten Zeit, das niedrigste Niveau wahrnehmen. (Vgl. Figur 11.) An diesem Minimum der Kurve ist auch der Wind insofern beteiligt, als er im Frühling oft und kräftig aus Osten weht, und so das Wasser aus der Beltsee hinausdrängt. Neben dem Sommermaximum aber kommen nach den übereinstimmenden Zusammenstellungen für die deutschen Küsten durch Prof. Westphal, für die schwedischen durch Prof. Rosén aber noch zwei sekundäre Maxima zum Vorschein, im Dezember und im Februar. Diese zu erklären ist nicht leicht; wollte man sie einfach auf die im Winter häufigen Weststürme im Bereiche des Skageraks zurückführen, so bliebe unverständlich, warum diese Wirkung im Januar aussetzt.

Die erwähnten Pegelbeobachtungen an den schwedischen und deutschen Küsten haben aufserdem noch ergeben, dafs die ganze Ostsee gleichzeitig starke Schwellungen und Senkungen ihres Spiegels in ganz unregelmäfsiger Folge erleidet. Seit 1887 fielen Niedrigstände auf 1888, 1891, 1897 und 1900; dazwischen liegen Hochstände, die



Figur 12. Mittlere jährliche Wasserstände der Ostsee für die einzelnen Jahre 1887 bis 1900 in $^4/_{10}$ der natürlichen Höhe; die einfachen Linien gelten für acht schwedische Küstenstationen 1887 bis 1900; die Doppellinien geben die Jahresmittel bei Arkona für die Jahre 1882 bis 1897.

besonders 1898 und 1899 auffällig hoch gerieten. Von 1893 bis 1897 hat Jahr für Jahr die ganze Ostsee ein immer niedrigeres Niveau erhalten, zuletzt um 8,5 cm weniger als 1893. An der deutschen Küste (bei Swinemünde) zeigt sich diese Bewegung nur 1894 unterbrochen. Nach 1897 folgt ein allgemeines rasches Steigen: der mittlere Wasserstand des Jahres 1898 liegt an der schwedischen Seite um 10,2 cm, in Swinemünde um 7,8 cm höher als 1897. (Vgl. Figur 12.)

Was sind die Ursachen dieser stofsweise intermittierenden Füllungen und Entleerungen des Ostseebeckens? Sie auf Schwankungen in der Ergiebigkeit der Niederschläge zurückzuführen, erscheint insoweit erfolgreich, als die Niedrigstände sehr wohl mit trocknen Jahren im Umkreise der Ostsee zusammenfallen können. Aber gerade 1892 und 1893 waren regenarme Jahre und brachten doch einen hohen Niveaustand, während 1888 und 1891 ziemlich nasse Sommer hatten und doch niedrigen Niveaustand. Um diese Schwankungen zu verstehen, müfsten wir auch Pegelbeobachtungen von den oceanischen Küsten Nordwesteuropas besitzen; es ist sehr wohl denkbar, dafs sie mit gleichzeitigen Pulsationen des Golfstroms zusammenhängen — aber das sind Perspektiven, die uns räumlich schon weit hinausführen über unsre heimischen Meere und zeitlich in eine ferne Zukunft, wo bessere Beobachtungen zur Verfügung stehen werden als jetzt.

Die hier vorgetragenen Bruchstücke aus der Oceanographie der heimischen Meere haben bewiesen, dafs noch viele Probleme der Lösung harren. Hoffen wir, dafs unsre Nachfolger wenigstens anerkennen werden, dafs wir durch die internationale Organisation der gleichzeitig das ganze Gebiet umspannenden und nach gleichen Methoden arbeitenden Beobachtungen uns redlich für unser Teil bemüht haben.



Gedruckt in der Königlichen Hofbuchdruckerei von E. S. Mittler & Sohn
Berlin SW., Kochstrafse 68—71.

Bodenrelief des Kattegats und der Belte.

